

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

(20) Offenlegungsschrift  
(11) DE 3902605 A1

(51) Int. Cl. 5:

F16F 15/02

B 60 K 5/12

F 16 F 13/00

DE 3902605 A1

(21) Aktenzeichen: P 39 02 605.1  
(22) Anmeldetag: 28. 1. 89  
(23) Offenlegungstag: 2. 8. 90

(71) Anmelder:

Continental Aktiengesellschaft, 3000 Hannover, DE

(72) Erfinder:

Eberhard, Günter, Dipl.-Ing. Dr., 3007 Gehrden, DE;  
Bebermeier, Jürgen, Dipl.-Ing., 3000 Hannover, DE;  
Kraft, Wolfgang, Dipl.-Ing., 3008 Garbsen, DE;  
Heitzig, Jürgen, Dipl.-Ing., 3000 Hannover, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 34 33 255 C2

DE 29 27 757 A1

US 47 59 534

JP 59 183137 A, In: Patents Abstracts of Japan,  
Sect.M., 95 M 359;  
- JP 61 286634 A, In: Patents Abstracts of Japan,  
M-590, May 21, 1987, Vol. 11, No. 157;

(54) Elastische Lagerung, insbesondere Kraftfahrzeug-Motorlager

Es wird eine elastische Lagerung vorgeschlagen, zu deren Federelement (3) ein elektro- oder magnetostrukturiver Aktuator (4) mechanisch in Reihe geschaltet ist. Ein Sensor (5) nimmt die von der abgestützten Last (L) verursachten Schwingungen oder diesen Schwingungen entsprechende Signale auf und steuert den Aktuator (4) über einen Verstärker (7), so daß die dadurch erzeugten Längenänderungen des Aktuators (4) die Schwingungen der Last zumindest teilweise kompensieren.

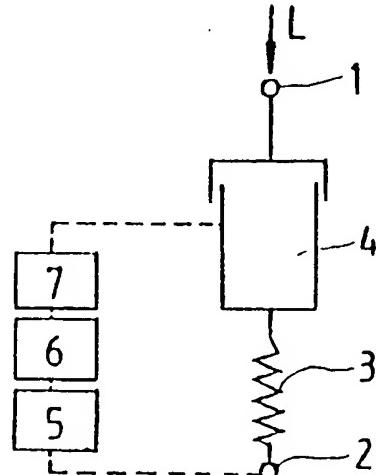


FIG.1a

DE 3902605 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elastische Lagerung, insbesondere ein Kraftfahrzeug-Motorlager, gemäß dem gemeinsamen Oberbegriff der nebengeordneten Patentansprüche 1 und 8.

Derartige Motorlagerungen sind in einer großen Anzahl unterschiedlicher Ausführungsformen bekannt. Sie haben grundsätzlich die Aufgabe zu verhindern, daß die Bewegungen einer schwingenden Last auf das diese Last tragende Fundament oder Chassis übertragen werden, was mit den verschiedenen Ausführungsformen der Lager auf unterschiedliche Art und mit unterschiedlichem Erfolg bewerkstelligt wird. Während man früher überwiegend reine Gummilager verwendete, bei denen die eingeleiteten Schwingungsamplituden lediglich durch die innere Dämpfung der verwendeten Gummipolster zum Abklingen gebracht wurden, werden heute Lagerungen mit integrierten Dämpfungseinrichtungen bevorzugt, wie sie beispielsweise in der DE-PS 34 07 553 in Form eines sogenannten Hydrolagers und in der DE-PS 32 33 456 in Form eines sogenannten Verdrängerlagers beschrieben sind. Die in den beiden genannten Dokumenten dargestellten Ausführungsformen bieten zusätzlich zur Schwingungs-Isolierung und -Dämpfung den Vorteil, daß sie die auf sie einwirkenden Schwingungen selektiv verarbeiten, und zwar in der Weise, daß sie niederfrequente Schwingungen, d. h. Schwingungen mit Frequenzen unterhalb ca. 20 Hz, die im allgemeinen mit großen Amplituden auftreten, stark dämpfen, während sie hochfrequente Schwingungen, d. h. Schwingungen oberhalb ca. 20 Hz, die im allgemeinen nur mit kleiner Amplitude auftreten, aber wegen ihrer akustischen Wirkung sehr lästig sind, praktisch ungedämpft aufnehmen und hierdurch weitgehend vom Fundament bzw. vom Chassis abkoppeln.

Obwohl diese akustische Abkopplung bei den bekannten Hydro- und Verdrängerlagern bereits sehr weitgehenden Forderungen gerecht wurde, stellte sich aufgrund des inzwischen weiter gestiegenen Komfortbedürfnisses die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe, eine elastische Lagerung zu schaffen, die die Übertragung hochfrequenter, insbesondere akustisch störender, Schwingungen durch eine flexible Anpassung und aktive Steuerung ihrer resultierenden, die schwingende Last aufnehmenden Federkräfte optimierte. Von besonderer Bedeutung war die Lösung dieser Aufgabe bezüglich der Lagerung von Kraftfahrzeug-Antriebsmotoren.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die genannte Aufgabe durch elastische Lagerungen der eingangs genannten Gattung gelöst, die die in den kennzeichnenden Teilen der Patentansprüche 1 und 8 genannten Merkmale aufweisen. In den Unteransprüchen 2 bis 7 sowie 9 und 10 sind bevorzugte Ausführungsformen und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, zur Lösung der gestellten Aufgabe, elektrostriktive oder magnetostruktive sogenannte Aktuatoren einzusetzen. Solche Aktuatoren sind an sich bekannt, und zwar wurde bereits vorgeschlagen, sie als Stellglieder in feinmechanischen Werkzeug- und Bearbeitungsmaschinen einzusetzen. Sie haben die vorteilhafte Eigenschaft, daß sich ihre axiale Länge in Abhängigkeit von der an sie angelegten Spannung bzw. dem sie durchfließenden Strom ändert, so daß es mit ihrer Hilfe möglich ist, elektrische Signale unmittelbar in mechanische Auslenkungen umzusetzen. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden elek-

trostriktive Aktuatoren, die auf dem bekannten piezoelektrischen Prinzip beruhen, bevorzugt.

In der erfindungsgemäßen elastischen Lagerung bildet ein solcher Aktuator mit einem gummielastischen Federelement eine mechanische Reihenschaltung, und zu seiner Steuerung ist er an einen Sensor angeschlossen, der in einer ersten, bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in Verbindung mit einer Regeleinrichtung und in einer zweiten Ausführungsform in Verbindung mit einem Rechner Steuersignale liefert, die den von der schwingenden Last verursachten Wechselkräften bzw. Schwingungsauslenkungen entsprechen und durch die seine axiale Länge laufend so verändert wird, daß die besagten Wechselkräfte bzw. Schwingungsauslenkungen zumindest teilweise kompensiert und abgefangen werden und somit allenfalls in stark reduziertem Maß bis auf das Fundament bzw. Chassis durchschlagen.

Auf diese Weise fängt der Aktuator insbesondere die hochfrequenten akustischen Schwingungen, kleine Amplituden ab, während die niederfrequenten langhubigen Schwingungen von dem Federelement aufgenommen und gegebenenfalls gedämpft werden. Wegen der kleinen Amplituden der störenden akustischen Schwingungen, die im allgemeinen nur wenige Zehntel Millimeter betragen, sind die in der gleichen Größenordnung realisierbaren Längenänderungen der verfügbaren Aktuatoren für eine wirksame Körperschallisolierung voll ausreichend.

In der oben angeführten bevorzugten, ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden die von der schwingenden Last verursachten Wechselkräfte bzw. Schwingungsauslenkungen direkt durch – insbesondere in die Lagerung integrierte – elektrische Sensoren in Form von Kraft- bzw. Wegaufnehmern erfaßt, deren Ausgangssignal über eine an sich bekannte Regeleinrichtung und einen Verstärker den Aktuator steuert. Dabei bildet die Regeleinrichtung mit dem Verstärker, dem Aktuator und dem Sensor einen geschlossenen Regelkreis, in dem der Aktuator als Stellglied und der Sensor als Aufnehmer fungiert. Die den Sensor beaufschlagenden Wechselkräfte bzw. Schwingungsauslenkungen gehen als Störgröße in diesen Regelkreis ein, wobei der jeweilige Ist-Wert der Störgröße mit einem vorgegebenen Soll-Wert – insbesondere "Null" – verglichen und das Stellglied so betätigt wird, daß der Ist-Wert an diesen Soll-Wert angenähert wird, mit dem Ergebnis, daß die Störgröße minimiert und insbesondere auf "Null" gebracht wird.

Als elektrische Sensoren werden hierbei vorzugsweise Piezoelemente eingesetzt; alternativ kommen insbesondere Sensoren nach Art von Dehnungsmeßstreifen in Betracht.

Der Einbauort dieser Sensoren wird vorzugsweise möglichst nahe an der aus dem Gummifederelement und dem Aktuator gebildeten Baueinheit gewählt, um eine Beeinflussung durch Störschwingungen anderer Erreger, die mit Hilfe des Aktuators nicht ausgeregelt werden können, auszuschließen. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform sind der Aktuator und der Sensor zu einer aus scheibenförmigen in Richtung der Lagerachse bzw. in der Schwingungsrichtung der Last übereinander gestapelten Piezoelementen gebildeten Baueinheit zusammengefaßt, wobei die Piezoelemente des Aktuators elektrisch parallel geschaltet und von dem Piezoelement des Sensors elektrisch isoliert sind.

Um die durch die Erfindung erzielbaren vorteilhaften Effekte nicht nur bezüglich einer einzigen Schwingungsrichtung auszunutzen, ist in einer bevorzugten Ausfüh-

rungsform jeder Hauptschwingungsrichtung der die erfundungsgemäße Lagerung beaufschlagenden Last ein Aktuator mit zugehörigem Sensor zugeordnet. Vorfürzweise erfolgt die Anordnung der Aktuatoren und Sensoren dabei in Form eines orthogonalen Dreibeins.

In der oben angeführten zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine die genannten Vorteile von Aktuatoren nutzende elastische Lagerung vorgeschlagen, bei der als Sensor ein Aufnehmer eingesetzt wird, der charakteristische Bewegungs- und Lageparameter von periodisch bewegten Teilen der durch eine solche Lagerung abgestützten Last aufnimmt, die mit der Verursachung der Schwingungen der Last in unmittelbarem oder mittelbarem Zusammenhang stehen. Wenn es sich um die Lagerung eines Kraftfahrzeugmotors handelt, kann ein geeigneter Aufnehmer beispielsweise die Winkelstellung und Drehzahl der Kurbelwelle erfassen. Das von dem Aufnehmer abgegebene Signal wird einem Rechner zugeleitet, der über einen Verstärker mit dem Aktuator verbunden ist.

Der Rechner steuert dann den Aktuator in Abhängigkeit von dem aufgenommenen Phasensignal (z.B. der Winkelstellung der Kurbelwelle) nach einem aufgrund der Schwingungscharakteristik der Last durch Versuche festgelegten und gespeicherten Programm so, daß die in die Lagerung eingeleiteten — insbesondere hochfrequenten — Wechselkräfte bzw. Schwingungsauslenkungen weitgehend kompensiert und abgefangen werden. Dabei kann es ebenfalls vorteilhaft sein, Aktuatoren in den Hauptschwingungsrichtungen des Systems vorzusehen, insbesondere derart, daß sie ein orthogonales Dreibein bilden.

In sämtlichen Ausführungsformen der erfundungsgemäßen elastischen Lagerung weist das verwendete Federelement vorzugsweise eine Dämpfungseinrichtung auf, und zwar insbesondere dergestalt, daß das Federelement nicht als reines Gummilager, sondern in Form eines Hydrolagers oder eines Verdrängerlagers der ein-gangs genannten, an sich bekannten Art ausgebildet ist.

Zu weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung verwiesen. In dieser zeigt

**Fig. 1a** eine Prinzipdarstellung eines Ausführungsbeispiels der bevorzugten, ersten Ausführungsform der erfundungsgemäßen elastischen Lagerung mit geregelter Aktuatorsteuerung,

**Fig. 1b** eine entsprechende Darstellung eines Ausführungsbeispiels der oben angeführten zweiten Ausführungsform,

**Fig. 2** einen Axialschnitt durch ein praktisches Ausführungsbeispiel und

**Fig. 3** in schematischer Darstellung eine in der ersten Ausführungsform verwendbare Baueinheit, in der in vorteilhafter Weise Aktuator und Sensor zusammengefaßt sind.

Wie **Fig. 1a** erkennen läßt, sind in einer erfundungsgemäßen elastischen Lagerung ein elastisches Federelement 3 und ein Aktuator 4 zwischen dem von der schwingenden Last *L* beaufschlagten Anschlußteil 1 und dem chassisoder fundamentsseitigen Anschlußteil 2 mechanisch in Reihe geschaltet. Der Sensor 5 ist im Bereich des Anschlußteils 2 mechanisch angekoppelt, und sein Ausgangssignal wird durch den angeschlossenen Regler 6 und den Verstärker so verarbeitet, daß es eine Verstellung des Aktuators 4 bewirkt, wobei die Regelung so ausgelegt ist, daß die von der schwingenden Last *L* verursachten Wechselkräfte durch den Aktuator 4 abgefangen werden, ohne daß sie auf das Anschlußteil 2, an dem der Sensor angekoppelt ist, durchschlagen.

**Fig. 1b** zeigt in entsprechender schematischer Darstellung eine elastische Lagerung der zweiten erfundungsgemäßen Ausführungsform mit einer mechanischen Reihenschaltung aus Federelement 3 und Aktuator 4, bei der als Sensor ein Aufnehmer 5' eingesetzt ist, der die Phasenlage und Drehzahl eines periodisch bewegten Teils der Last *L* (beispielsweise der Kurbelwelle eines Kraftfahrzeugmotors) ermittelt und einem Rechner 6' zuleitet. Der Rechner 6' steuert dann über den Verstärker 7 den Aktuator 4 in Abhängigkeit von dem Sensor-Signal aufgrund eines in ihm gespeicherten empirisch erstellten Programms, das jedem Schwingungszustand der Last *L* diejenige Aktuator-Steuerspannung zuordnet, durch die der Aktuator 4 seine axiale Länge jeweils so ändert, daß er die an der Lagerung auftretenden Wechselkräfte, Wechselbeschleunigungen bzw. Schwingungsauslenkungen laufend kompensiert oder weitgehend reduziert.

**Fig. 2** veranschaulicht die Erfindung am Ausführungsbeispiel eines einfachen Gummi-Motorlagers. Der Aktuator 4 trägt an seiner Oberseite das mit dem Motor zu verbindende Anschlußteil 1 und stützt sich mit seiner Unterseite auf einem mit dem Gummifederelement 3 zusammenvulkanisierten Zwischenstück 3.1 ab. Die Gegenseite des Gummifederelements 3 ist mit dem Zwischenstück 3.2 zusammenvulkanisiert, das mit dem chassiseitigen Anschlußteil 2 eine starre Baueinheit bildet.

Wie für den Fachmann ohne weiteres aus **Fig. 2** ableitbar ist, können die Teile 3, 3.1 und 3.2 in vorteilhafter Weise durch ein sogenanntes Hydrolager (z. B. gemäß DE-PS 34 07 553) oder ein sogenanntes Verdrängerlager (z. B. gemäß DE-PS 32 33 456) ersetzt werden, wodurch zusätzlich deren selektiv dämpfende Wirkung ausgenutzt wird.

Während in **Fig. 2** die Anordnung und Art des Sensors offengelassen ist, zeigt **Fig. 3** eine im Rahmen der vorliegenden Erfindung in der Ausführungsform gemäß **Fig. 1a** besonders vorteilhafte Kombination aus einem scheibenförmigen Piezoelementen zusammengesetzten Aktuator 4 und einem ebenfalls aus einem scheibenförmigen Piezoelement bestehenden Sensor 5, die zu einer kompakten Baueinheit zusammengefaßt sind. Die scheibenförmigen Piezoelemente bilden einen koaxialen Stapel, wobei die Piezoelemente des Aktuators 4 elektrisch parallelgeschaltet und von dem Piezoelement des Sensors 5 durch eine Isolierschicht 8 elektrisch getrennt sind. Der Aktuator 4 und der Sensor 5 dieser Baueinheit bilden mit dem Regler 6 und dem Verstärker 7 in einer erfundungsgemäßen elastischen Lagerung, wie im vorstehenden erläutert, einen geschlossenen Regelkreis.

#### Patentansprüche

1. Elastische Lagerung mit einem zwischen zwei Anschlußteilen (1, 2) angeordneten gummielastischen Federelement (3) zur Abstützung einer schwingenden Last (*L*), deren Schwingungsspektrum sowohl niederfrequente als auch hochfrequente Schwingungen enthält, insbesondere Kraftfahrzeug-Motorlager, dadurch gekennzeichnet, daß dem Federelement (3) ein elektrostriktiver oder magnetostruktiver Aktuator (4) in mechanischer Reihenschaltung zugeordnet ist und daß ein die von der schwingenden Last (*L*) verursachten Wechselkräfte, Wechselbeschleunigungen oder Schwingungsauslenkungen aufnehmender Sensor (5) vorgesehen ist, der über einen Amplituden- und

Phasenregler (6) und einen Verstärker (7) an den Aktuator (4) angeschlossen ist, wobei die Regelung so ausgelegt ist, daß der Aktuator (4) eine Minimierung der den Sensor (5) beaufschlagenden Wechselkräfte, Wechselbeschleunigungen bzw. Schwingungsauslenkungen bewirkt.

2. Elastische Lagerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (5) an dem chasisbzw. fundamentseitigen Anschlußteil (2) angekoppelt ist.

3. Elastische Lagerung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (5) ein Piezo-Sensor ist.

4. Elastische Lagerung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (5) nach Art eines Dehnungsmeßstreifens ausgebildet ist.

5. Elastische Lagerung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie den Hauptschwingungsrichtungen der abgestützten schwingenden Last (L) zugeordnete Aktuatoren (4) und Sensoren (5) aufweist.

6. Elastische Lagerung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie drei in Form eines orthogonalen Dreibeins angeordnete Aktuatoren (4) und Sensoren (5) enthält.

7. Elastische Lagerung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktuator (4) und der Sensor (5) zu einer aus scheibenförmigen, in Richtung der Lagerachse (4) bzw. in der Schwingungsrichtung der Last (L) übereinandergestapelten Piezoelementen gebildeten Baueinheit zusammengefaßt sind, wobei die Piezoelemente des Aktuators (4) elektrisch parallelgeschaltet und von dem Piezoelement des Sensors (5) elektrisch isoliert sind.

8. Elastische Lagerung mit einem zwischen zwei Anschlußteilen (1, 2) angeordneten gummialastischen Federelement (3) zur Abstützung einer schwingenden Last (L), deren Schwingungsspektrum sowohl niederfrequente als auch hochfrequente Schwingungen enthält, insbesondere Kraftfahrzeug-Motorlager, dadurch gekennzeichnet, daß dem Federelement (3) ein elektrostriktiver oder magnetostruktiver Aktuator (4) in mechanischer Reihenschaltung zugeordnet ist und daß ein charakteristische Bewegungs- und Lageparameter von periodisch bewegten Teilen der schwingenden Last (L) — wie z. B. die Winkelstellung und/oder die Drehzahl der Kurbelwelle eines Kraftfahrzeugmotors — aufnehmender Sensor (5') vorgesehen ist, der über einen Rechner (6') und einen Verstärker (7) an den Aktuator (4) angeschlossen ist, wobei im Rechner (6') ein die Ausgangssignale des Sensors (5') verarbeitendes, aufgrund der empirisch ermittelten Schwingungscharakteristik der Last (L) erstelltes Programm gespeichert ist, durch das das über den Verstärker (7) den Aktuator (4) beaufschlagende Rechnerausgangssignal den letzteren so steuert, daß er eine Verkleinerung der an dem chassis- bzw. fundamentseitigen Anschlußteil (2) auftretenden Wechselkräfte, Wechselbeschleunigungen bzw. Schwingungsauslenkungen bewirkt.

9. Elastische Lagerung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Federelement (3) mit einer Dämpfungseinrichtung versehen ist.

10. Elastische Lagerung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Federelement (3) als ein

an sich bekanntes sogenanntes Hydrolager oder sogenanntes Verdrängerlager ausgebildet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

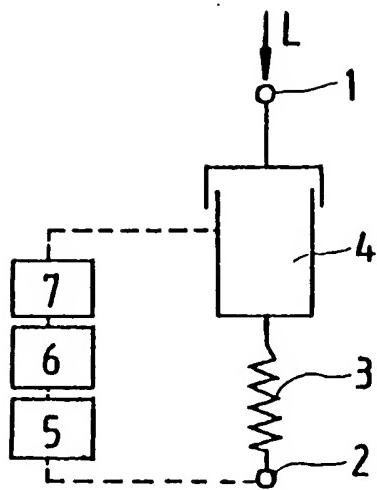


FIG.1a

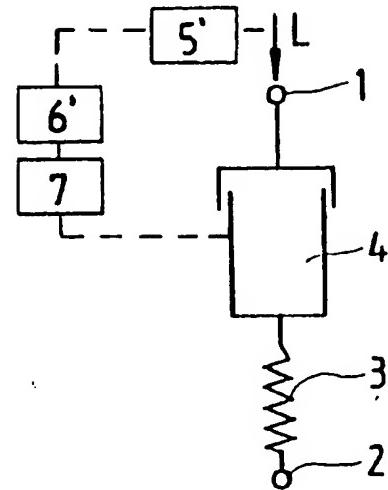


FIG.1b

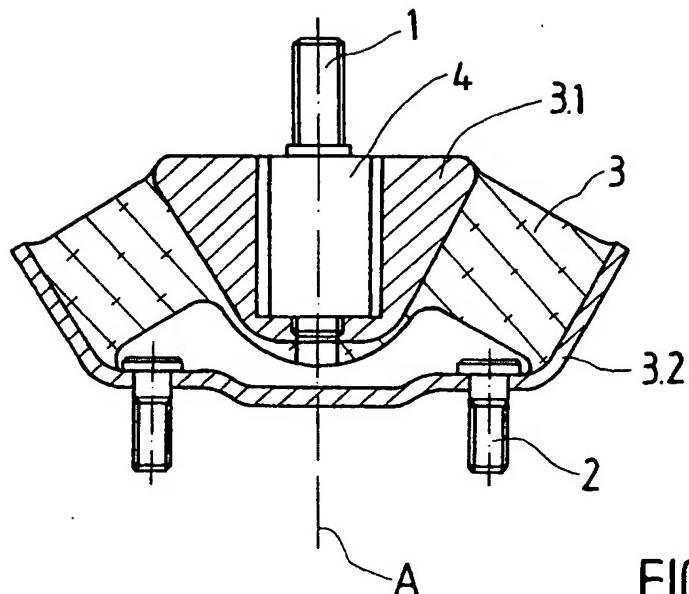


FIG.2

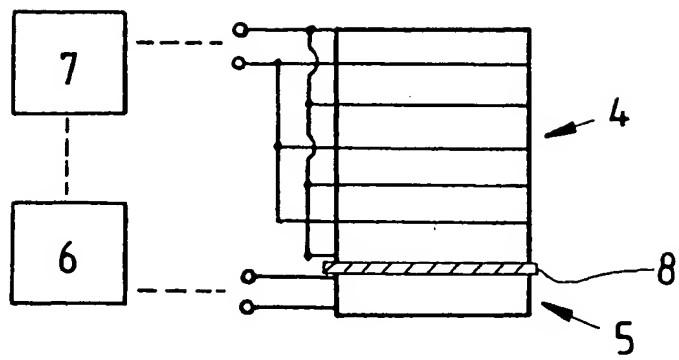


FIG. 3

Docket # A-3741

Applic. # \_\_\_\_\_

Applicant: VOLKER MÜLLER ET AL.

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101

008 031/268